

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

Konstrukční návrh pásové pily (katru)

Design of a Band Saw (a cutter)

Student:

Jiří Dvorák

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Zdeněk Foltá, Ph. D.

Ostrava 2013

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Dvorák**  
Studijní program: **B2341 Strojírenství**  
Studijní obor: **2302R010 Konstrukce strojů a zařízení**  
Specializace: **40 Konstrukce strojních dílů a skupin**  
Téma: **Konstrukční návrh pásové pily (katru).  
Design of a Band Saw (a Cutter)**

Zásady pro vypracování:

Cílem řešení je konstrukční řešení pásové pily na podélné řezání kmenů stromů.  
Pásová pila by měla být schopna řezat kmeny do průměru 300 mm a do délky 6 m.

Proveďte následující kroky:

1. zpracujte rešerši stávajících systémů podélného řezání kmenů stromů,
2. navrhnete variantně vhodná konstrukční řešení,
3. proveďte potřebné výpočty pro určení parametrů stroje (zejména výkonu na základě řezné síly),
4. zpracujte zvolené řešení formou modelu či výkresu,
5. proveďte potřebné pevnostní kontroly,
6. zpracujte sestavný výkres a další dokumentaci podle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

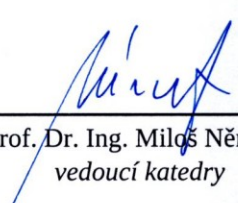
Boháček, F. *Části a mechanismy strojů I a II*. Brno: VUT Brno, 1987.  
Bolek, A. a kol. *Části strojů - svazek 1. a 2.* Praha: SNTL, 1990.  
Němec, J. a kol. *Pružnost a pevnost ve strojírenství*. Praha: SNTL, 1989.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Zdeněk Folta, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013

  
prof. Dr. Ing. Miloš Němček  
vedoucí katedry



  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

**Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 10.5. 2013 .....

 .....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáváním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 10.5.2013 .....

.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Jiří Dvorský

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Děčichov nad Bystřicí č. p. 198, 793 03

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval doc. Ing. Zdeňkovi Foltovi, Ph.D. za jeho cenné a odborné rady, včetně připomínek, které mi byly poskytnuty při zpracování bakalářské práce.

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

DVORÁK, J. *Konstrukční návrh pásové pily (katru): bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2013, 49 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Zdeněk Folta, Ph. D.

Práce se zabývá konstrukčním návrhem pily pro pořez kmenů do průměru 300 mm a délky 6 m. Obsahuje rešerši stávajících zařízení pro pořez kmenů s obecným rozdělením těchto strojů a uvedením zařízení pro údržbu jejich nástroje. Dále zvolení konkrétní konstrukce pro další zpracování. V hlavní části se pak nachází výpočet řezné síly, volba hnacího elektromotoru a volba konstrukce pro nastavení výšky řezu. Pila je schopna vyřezat ze zadaného kmene řezivo jakýchkoliv libovolných rozměrů. Výsledkem práce je konstrukční dokumentace pro výrobu pily.

## ANNOTATION OF MASTER THEISIS

DVORÁK, J. *Design of a Band Saw (a cutter): Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Manufacturing Machine and Construction, 2013, 49 p. Thesis head: doc. Ing. Zdeněk Folta, Ph. D.

The work deals with the structural design of saws for cutting logs up to 300 mm and a length of 6 m. Contains a search of existing facilities for cutting logs with a general distribution of these machines and the equipment for maintenance of their tools. Furthermore, selecting a specific construction for further processing. The main section of project is calculating the cutting forces, the choice of the drive motor and the choice of design for the height adjustment for tool. The saw is able to cut timber from the specified trunk of any arbitrary size. The result is design documentation for production saws.

## Obsah

Úvod.....	11
1. Rešerše stávajících systémů pořezu kmenů .....	12
1.1 Rámové pily .....	12
1.1.1 Rozdílné konstrukce rámových pil .....	13
1.1.2 Nástroj rámové pily, jeho volba a údržba .....	15
1.2 Okružní pily .....	17
1.2.1 Možnosti provedení okružních pil .....	17
1.2.2 Nástroj okružní pily a jeho údržba.....	19
1.3 Pásové pily .....	21
1.3.1 Možnosti konstrukce pásových pil .....	22
1.3.2 Nástroj pásové pily, jeho volba a údržba .....	24
2. Varianty strojů vhodné pro pořez kmene zadaných rozměrů .....	27
2.1 Rámová pila .....	27
2.2 Okružní pila.....	27
2.3 Pásová pila .....	27
2.4 Volba konstrukčního zpracování stroje.....	27
3. Konstrukce pásové pily.....	28
3.1 Volba nástroje – pilového pásu .....	29
3.1.1 Délka pásu.....	30
3.1.2 Výměna pásu.....	30
3.1.3 Chlazení pásu.....	31
3.2 Návrh napínacího zařízení pásu .....	31
3.2.1 Návrh napínacích šroubů .....	32
3.2.2 Návrh velikosti šroubu.....	32
3.2.3 Pevnostní kontrola šroubu .....	33
3.2.4 Výpočet výšky matice.....	34



3.3	Volba posuvu pásové pily .....	34
3.4	Návrh hnacího elektromotoru pásu .....	35
3.4.1	Otáčky hnacího elektromotoru.....	35
3.4.1	Výpočet příkonu hnacího elektromotoru .....	36
3.4.2	Zvolený typ elektromotoru .....	37
3.5	Volba převodu hnacího ústrojí .....	38
3.6	Návrh a konstrukce hnacího ústrojí.....	39
3.7	Stanovení typu a délky klasického klínového řemene .....	39
3.8	Napínání klínových řemenů .....	42
3.9	Konstrukce pro nastavení výšky řezu .....	43
3.9.1	Návrh převodovky a motoru .....	43
3.9.2	Návrh řetězu.....	44
4.	Konstrukce pilového lože .....	45
4.1	Způsob upnutí kmene .....	45
5.	Závěr .....	46
	Seznam použitých zdrojů.....	47
	Seznam příloh .....	50



# SEZNAM POUŽITÉHO OZNAČENÍ, ZKRATEK, TERMÍNŮ, APOD.

$h_m$	minimální výška matice	mm
$A_{max}$	maximální osová vzdálenost	mm
$A_{min}$	minimální osová vzdálenost	mm
$C_L$	součinitel délky řemene	
$C_k$	součinitel počtu řemenů	
$C_p$	součinitel pracovního režimu	
$C_\alpha$	součinitel opásání	
$D_1$	průměr hnací řemenice	mm
$D_{MAX}$	maximální průměr hnací řemenice	mm
$D_{MIN}$	minimální průměr hnací řemenice	mm
$D_{OK}$	průměr oběžného kola	mm
$D_k$	maximální průměr kmene	mm
$F'_R$	řezná síla na jeden zub	N
$F_0$	zatěžující síla závitu	N
$F_R$	celková řezná síla potřebná pro řez	N
$F_{sz}$	síla vyvozená váhou řezné konzole	N
$H_1$	nosná výška závitu	mm
$L_p$	délka pilového pásu	mm
$M_{TZ}$	moment třecího odporu	Nm
$M_{kř}$	krouticí moment potřebný pro řez	Nm
$N_p$	skutečný výkon přenášený 1 řemenem	kW
$P_1$	výkon elektromotoru	kW
$P_D$	diagramový výkon respektující provozní podmínky	kW
$P_m$	příkon elektromotoru	kW
$R_{OK}$	rozteč oběžných kol	mm
$S_{Tř}$	plocha odebírané třísky	mm <sup>2</sup>
$V_{1MAX}$	maximální obvodová rychlost řemene	m/s
$W_K$	kvadratický moment plochy	mm <sup>3</sup>
$b_c$	šířka řezu nástroje	mm
$d'_3$	nejmenší přípustný průměr závitu	mm
$f_p$	posuv nástroje	m/min
$f_z$	posuv na zub	mm

$i_{sk}$	skutečný převodový poměr	
$i_t$	převodový poměr	
$m_{řk}$	váha řezné konzole	kg
$n_1$	otáčky elektromotoru	ot/min
$n_{OK}$	otáčky oběžného kola	ot/min
$p_D$	dovolený měrný tlak materiálu matice	MPa
$r_{řt}$	teoretický poloměr řetězového kola	mm
$r_{OK}$	poloměr oběžného kola	mm
$v_p$	rychlosti pilového pásu	m/s
$y_0$	délka oblouku třísky	mm
$z_c$	celkový počet zubů pásu	
$\sigma_D$	dovoleného napětí ve šroubu	MPa
$\sigma_{RED}$	skutečné namáhání	MPa
$\sigma_d$	namáhání v tlaku	MPa
$b$	šířka pásu	mm
$p$	hodnota řezného odporu dřeva	MPa
$s$	pružný skluz řemenu	
$u$	účinnost převodovky	
$\alpha$	úhel profilu závitu	°
$\mu$	činitel mazání	
$\varphi$	činitel provedení řetězu	
$\chi$	činitel výkonu	
$\omega$	úhlová rychlost pásu	rad/s
$A$	osová vzdálenost	mm
$ks$	součinitel statické bezpečnosti	
$p$	rozteč závitu	mm
$t$	rozteč zubů pásu	mm
$y$	délka třísky	mm
$z$	potřebný počet závitů	
$\alpha$	úhel opásání	°
$\beta$	koeficient zohledňující vliv zatím neznámého krutu	
$\gamma$	doplňkový úhel	°
$\pi$	Ludolfovo číslo	

$\tau$	namáhání v krutu	MPa
$\varphi'$	redukovaný třecí úhel°	

## Úvod

V rámci své bakalářské práce budu zpracovávat konstrukci stroje určeného k podélnému řezání kmenů stromů. Produktem tohoto zařízení je tzv. řezivo, to se dodává na stavby nebo do truhlářských dílen, v podobě trámů, fošen, nebo desek.

Od navrženého stroje se očekává, že bude schopen maximálního využití materiálu. Zároveň se požaduje, aby mohl řezat kmeny na libovolné rozměry. Žádoucí je také jednoduchost konstrukce.

### Cíle mé bakalářské práce jsou:

- rešerše stávajících systémů pro pořez kmenů
- volba nejvhodnější konstrukčního řešení
- návrh základních parametrů pily
- zhotovení konstrukčního návrhu pily
- provedení potřebných pevnostních kontrol
- zhotovení sestavných výkresů

## 1. Rešerše stávajících systémů pořezu kmenů

V současné době, kdy je dřevo rozšířeným materiálem v oblasti stavebnictví a truhlářství, je potřeba strojů pro jeho zpracování. Takto zpracované dřevo nazýváme řezivo a těmto strojům říkáme pily. Pojmem řezivo rozumíme souhrnný název pro označení polotovarů nebo výrobků ze dřeva.

### 1.1 Rámové pily

Rámové pily (Obr. 2.1) pro pořez kmenů.



*Obr. 2.1 Vertikální konstrukce rámové pily [2]*

Mají řadu výhod, jako například rychlost posuvu kmene, která je navíc plynule regulovatelná. Umožňuje najednou vést více řezů. Registr společně s mezipilními vložkami zajišťují přesný odstup pilových listů a tak i přesný rozměr výsledného obrobku. Sestavení pilového závěsu není velmi složité, nicméně zabere relativně dost času, což je obecně bráno jako nevýhoda. Nástroje – pilové listy – se poměrně snadno

udržují a náklady na jejich údržbu a provoz jsou nízké. K nevýhodám rámových pil patří střední řezná rychlost nástroje, která je v porovnání s kotoučovými nebo pásovými pilami velmi nízká. Tuto ani nelze z konstrukčních důvodů zvětšit. Nelze dosáhnout hladkého povrchu řezu. Pokud dojde k přeplnění mezizubní mezery, nejčastěji vinou příliš vysokého posuvu, může dojít k úplnému zaseknutí stroje. Vznikají také potíže se zaklíněním krátkého okrajového materiálu mezi pilovými listy. Pro svou masivní konstrukci vyžaduje pevný betonový základ.

### 1.1.1 Rozdílné konstrukce rámových pil

Rámové pily jsou si svou konstrukcí poměrně dost podobné, přesto lze nalézt několik poměrně zásadních rozdílů v konstrukci.

#### **Rozdíl v uložení nástroje:**

**Horizontální** (Obr. 2.2) – dnes není moc rozšířená. Její předností je její jednoduchost. Také nízká spotřeba energie pro běh naprázdno. Je ovšem náročnější na plochu, díky tomu že klikový mechanismus zajišťující pohyb pilového listu, stejně jako list samotný, je uložen vodorovně. Je schopná řezat při pohybu tam i zpět, pročež používá speciální listy. Polovina listu má zuby na jednu stranu a ta druhá na opačnou, špičky zubů zpravidla míří od sebe.



*Obr. 2.2 Horizontální konstrukce rámové pily [3]*

**Vertikální** (Obr. 2.1) – nejrozšířenější konstrukční varianta. Oproti horizontální konstrukci vykonává řeznou práci pouze tehdy, když se registr s nástroji pohybuje směrem shora dolů. Zároveň není tak náročná na plochu.

**Rozdíl v počtu ojníc:**

**Dvou-ojniční** (Obr. 2.3) – zpravidla se jedná o vertikální konstrukci. Kde je ukotveno po jedné ojnici na každé ze stran registru s nástroji.



*Obr. 2.3 Dvou-ojniční rámová pila [4]*

**Jedno-ojniční** – většinou se využívá pro horizontální konstrukce. Pokud jde o vertikální stroj, jedná se o obdobnou konstrukci jako u pily dvou-ojniční. S tím rozdílem, že ojnice je ukotvena zespod registru v jeho středu. To má logicky za následek až dvojnásobnou výšku pily.



### 1.1.2 Nástroj rámové pily, jeho volba a údržba

Nástrojem rámové pily je pilový list (Obr. 2.4).



*Obr. 2.4 Pilové listy společnosti PILANA TOOLS [5].*

Je to plechový list opatřený zuby a po obou koncích lištami, které slouží pro upnutí do rámu. Pro lepší řezné vlastnosti jsou zuby listu opatřeny rozvodem (Obr 2.5).



*Obr. 2.5 Správný rozvod zubů [6]*

Jedná se o vyhnutí špiček zubů střídavě na levou a pravou stranu listu. Zajišťuje se tak širší řezná spára než je tloušťka nástroje, což napomáhá ke snížení tření mezi listem a kmenem. Přesah by měl být symetrický a neměl by být větší než  $\frac{1}{2}$  tloušťky listu.

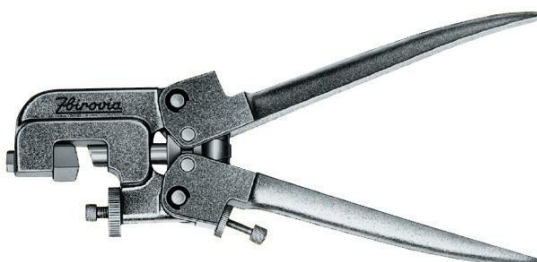
Při volbě pilového listu se zohledňuje tvrdost dřeva. Pro tvrdé dřevo se používají listy s menší roztečí zubů, pro měkké je pak rozteč větší. Tvary některých zubů napomáhají k větší kvalitě drsnosti řezné plochy, jiné umožňují dosáhnout větší geometrické přesnosti. Tyto vlastnosti jsou uvedeny v katalogu a je vhodné na ně brát ohled.

Údržba pilových listů spočívá v podstatě v ostření a rozvodu zubů. Pro ostření zubů jsou na trhu k dostání různé brusky (Obr. 2.6).



*Obr 2.6 Automatická bruska pilových listů VZ 76 [7]*

Rozvod zubů provádí pracovník ručně, pomocí rozváděcích kleští (Obr. 2.7).



*Obr. 2.7 Kleště rozváděcí na okružní a rámové pily Zbirovia 1717 [8]*

Vyhnutí zubu se pak pro kontrolu pracovníkem přeměří číselníkovým úchylkoměrem (Obr. 2.8).



*Obr. 2.8 Číselníkový úchylkoměr Kafer [9]*

## 1.2 Okružní pily

Okružní pily se používají jak na podélné tak na příčné půlení materiálu. Verze pro příčné půlení se využívají zejména pro malé průměry kmenů, nebo zpracování desek, fošen a tzv. prizem. Prizmy jsou kmeny, které mají ořezané pouze dvě protější strany. Ve své podstatě jsou to jen velmi široké fošny. Takovému zpracování říkáme rozmítání. Verze pro příčné půlení je využívána především ke krácení řeziva na přesný délkový rozměr a pro krácení palivového dřeva na špalky. Okružní pily dosahují vysokých řezných rychlostí, což umožňuje vysoký posuv. Vyznačují se jednoduchou konstrukcí a obsluhou.

### 1.2.1 Možnosti provedení okružních pil

Díky značné flexibilitě nástroje je na trhu spousta variant okružních pil. V následujícím přehledu se tak seznámíme jen se základními typy provedení.

#### Pily určené k příčnému řezání

**Kotoučová pila na dřevo tzv. cirkulárka** (Obr. 2.9) – využívá se zejména pro krácení palivového dřeva, pro snadné řezání kmenů je opatřena kolébkou. Některé konstrukce, mají také stůl pro zpracování desek. Ten umožňuje případně i podélné řezání



*Obr. 2.9 Kotoučová pila na dřevo (cirkulárka) HWTS 700 [10]*

**Ruční okružní pila** (Obr. 2.10) – pila je určena pro zpracování desek, nebo nízkých trámů. Její největší výhodou jsou její rozměry a váha, což zajišťuje skladnost a snadnou manipulaci.



*Obr. 2.10 Okružní pila Narex EPK 16 D [11]*

#### **Pila určené k podélnému řezání**

**Rozmítací pila** (Obr. 2.11) – je k dostání ve spoustě zpracování. Je určena výhradně k podélnému zpracování kmenů, fošen atd. Je schopna vést více řezů najednou.



*Obr. 2.11 Dvou-hřídelová hranolová-rozmítací pila [12]*



### 1.2.2 Nástroj okružní pily a jeho údržba

Nástrojem okružní pily je pilový kotouč (Obr. 2.12).



*Obr. 2.12 Pilový kotouč typ 80-50 FZ [15]*

Základní provedení je plechový kotouč, s po obvodu laserem vypáleným ozubením a v ose upínací otvor. Nezbytnou úpravou nástroje je opět rozvod zubů, ten se dá ovšem u kotoučů nahradit. A to napájením destičky ze slinutých karbidů na špičku zubu. Kotouč má široké uplatnění v oblasti pořezu dřeva. Je určen pro ruční okružní pily, truhlářské stolové pily, omítací a rozmítací pily, dále pro stroje na dělení kulatiny a pro kotoučové pily na řezání palivového dřeva, tzv. cirkulárek. Největší výhoda při použití kotoučů je dosažení nejvyšší řezné rychlosti, až 100 m/s. Dále jejich výroba ve srovnání s jinými nástroji poměrně jednoduchá, jakožto i jejich výměna a seřizování spočívající v nasazení na hřídel a dotažení kotouče maticí.

K ostření kotouče slouží jeho bruska (Obr 2.13).



*Obr. 2.13 Bruska pilových kotoučů JM [13]*

Popřípadě šrankovačka (Obr 2.14), pokud není rozvod nahrazen destičkami ze slinutých karbidů.



*Obr. 2.14 Rozváděčka pilových kotoučů Güde GSA 700 [14]*

### 1.3 Pásové pily

Pásové pily (Obr. 2. 15) se vyznačují v první řadě úzkým a hladkým řezem, a to 2,6 až 2,8 mm. To vede k větší výtěžnosti a s tím je spojeno menší množství odpadu. Jsou schopny vést řezy velmi blízko sebe, což umožňuje oddělit desku prakticky libovolné tloušťky. Obrovskou výhodou je velmi rychlé přenastavení polohy řezu. V kusové a malosériové výrobě, kde je třeba s každým řezem měnit jeho rozměr, to přináší úsporu času oproti např. rámovým pilám. Díky své konstrukci se snadno a rychle mění nástroj – pilový pás. Mezi nevýhody patří poměrně náročná údržba a ošetření nástroje. Také vysoké nároky na kvalifikaci obsluhy. Při nesprávné manipulaci mohou nastat komplikace s vedením pásu do řezu. Často se stává, že je stroj nepřesně nastavený, a to vede k nepřesnému, nebo křivému řezu. K dalším nedostatkům patří problémový provoz v zimních měsících, za předpokladu, že je pila umístěna v exteriérech.



*Obr. 2.15 Konstrukce horizontální pásové pily [16]*



### 1.3.1 Možnosti konstrukce pásových pil

Pásová pila může být zpracována v různých provedeních a pro různé potřeby. V následující části se seznámíme s nejzákladnějšími variantami konstrukce

#### Jedno pásové

**Vertikální kmenová pásová pila** – oběžná kola pohánějící pás jsou uloženy nad sebou, to znamená svislý řez. Tyto konstrukce se využívají především pro stolařské pily (Obr. 2.16). Používají užší pásy, což umožňuje snadné vyřezání různých tvarů. Zřídka se tato konstrukce aplikuje i na kmenové pily



*Obr. 2. 16 Vertikální stolařská pila SCM MINIMAX S45N [17]*

**Horizontální kmenová pásová pila** (Obr. 2.15) – oběžné kola jsou situovány vedle sebe. Tato konstrukce je využívána zejména pro pořez kmenů. O jejích dalších vlastnostech se zmiňují v úvodu kapitoly 2. 3.

### Více pásové

**Rozmítací pásová pila** (Obr. 2.17) – za sebou je seřazeno několik řezných úseků, výška každého je individuálně nastavitelná. To umožňuje vést několik vodorovných řezů současně.



*Obr. 2.17 Rozmítací pásová pila 6 hlavicová BC6-1200 [19]*

**Vertikální kmenová pásová pila zdvojená** (Obr. 2.18) – pila vede dva svislé řezy vedle sebe. Rozteč pásů je nastavitelná. Je určena pro vyřezávání prizem.



*Obr. 2.18 Hranolovací pásová pila BB-1200 [18]*

### 1.3.2 Nástroj pásové pily, jeho volba a údržba

Nástrojem pásové pily je pilový pás (Obr. 2.19)

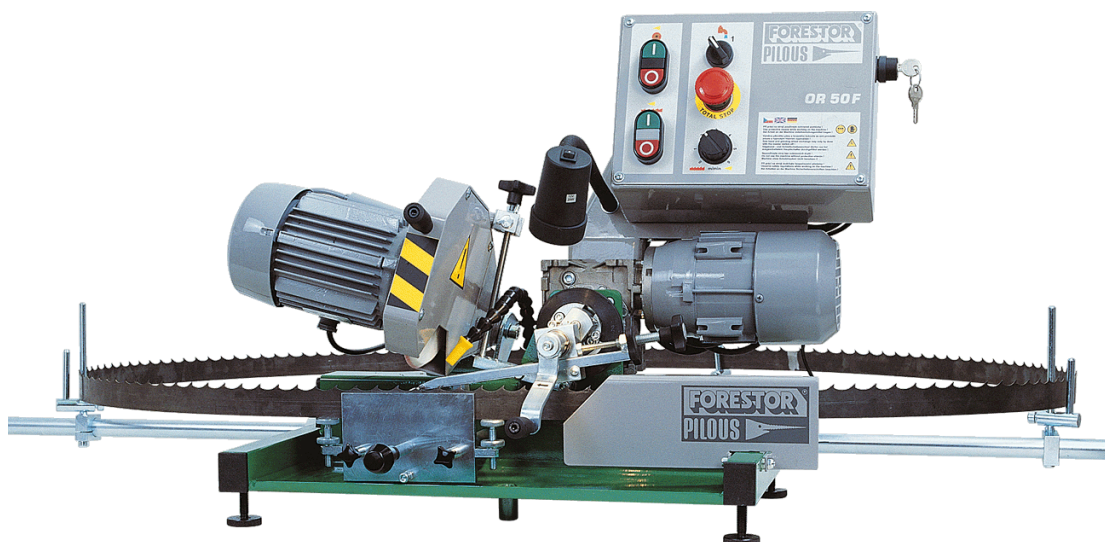


*Obr. 2.19 Pás firmy PILANA TOOLS a.s. typu 40 WM1 [15]*

Tloušťka pásu je podle použití od 0,5 mm do 1,6 mm. Jeho šířka se pak pohybuje od 6 mm do 256 mm. Zuby pásu jsou samozřejmě také opatřeny šrankem.

Je volen podle konkrétních parametrů kmenů, pro které je pila navržena. Těmito parametry jsou průměr a tvrdost dřeva. Zároveň s tvrdostí dřeva se mění tvar zubu. V závislosti na průměru kmene se pak mění šířka a tloušťka pásu. Jeho délka se pak určí pomocí rozteče a průměru oběžných kol.

K údržbě pásů se používá bruska pilových pásů (Obr. 2.20), která používá tvarované brusné kotouče.



*Obr. 2. 20 Poloautomatická bruska pilových pásů OR 50 F [20]*

Pro údržbu zubů je bezpodmínečně potřeba také rozváděčka (Obr. 2.21).



*Obr. 2.21 Rozváděčka pilových pásů firmy WOOD MIZER[21]*

Dalším pomocníkem je svářečka pilových pásů (Obr. 2.22), která svařuje pásy pomocí elektrického odporu.



*Obr. 2.22 Svářečka pilových pásů ZP 2.11[22]*



Po svaření pásu je potřeba zabrousit svar, k tomu poslouží jakákoliv bruska s brusným kotoučem. A vhodné jsou také pákové nůžky (Obr. 2.23) pro rovný stříh pásu, ať už při výrobě nového pásu, nebo při opravách již použitých. Ty se provádí tak, že poškozenou část pásu pracovník vystříhne a nahradí



*Obr. 2. 23 Nůžky na plech pákové HS – 10 [23]*

## **2. Varianty strojů vhodné pro pořez kmene zadaných rozměrů**

Pro zadané rozměry kmene a jeho pořez přichází v úvahu většina strojů uvedených v rešerši. V této kapitole se budu věnovat volbě té nejvhodnější.

### **2.1 Rámová pila**

Je rychlá a efektivní při velkém počtu stejných rozměrů řeziva. Dokáže také najednou vést více řezů. Při požadované rychlé a časté změně šířky řezu však nastává zdržení při skládání pil do registru. Dále je nutný masivní betonový základ, což znesnadňuje případné stěhování. Konstrukce je rovněž velmi těžká a náročná na prostor.

### **2.2 Okružní pila**

Poměrně jednoduchá a mobilní konstrukce. Konstrukce dovoluje rychlý posuv. Vzhledem k nástroji, který mývá nejméně dva krát větší průměr než kmen který prořezává je však pro zadaný případ méně vhodná. To se dá řešit provedením se dvěma hřídeli, což se ale projeví na větší složitosti konstrukce. Má také poměrně širokou řeznou spáru.

### **2.3 Pásová pila**

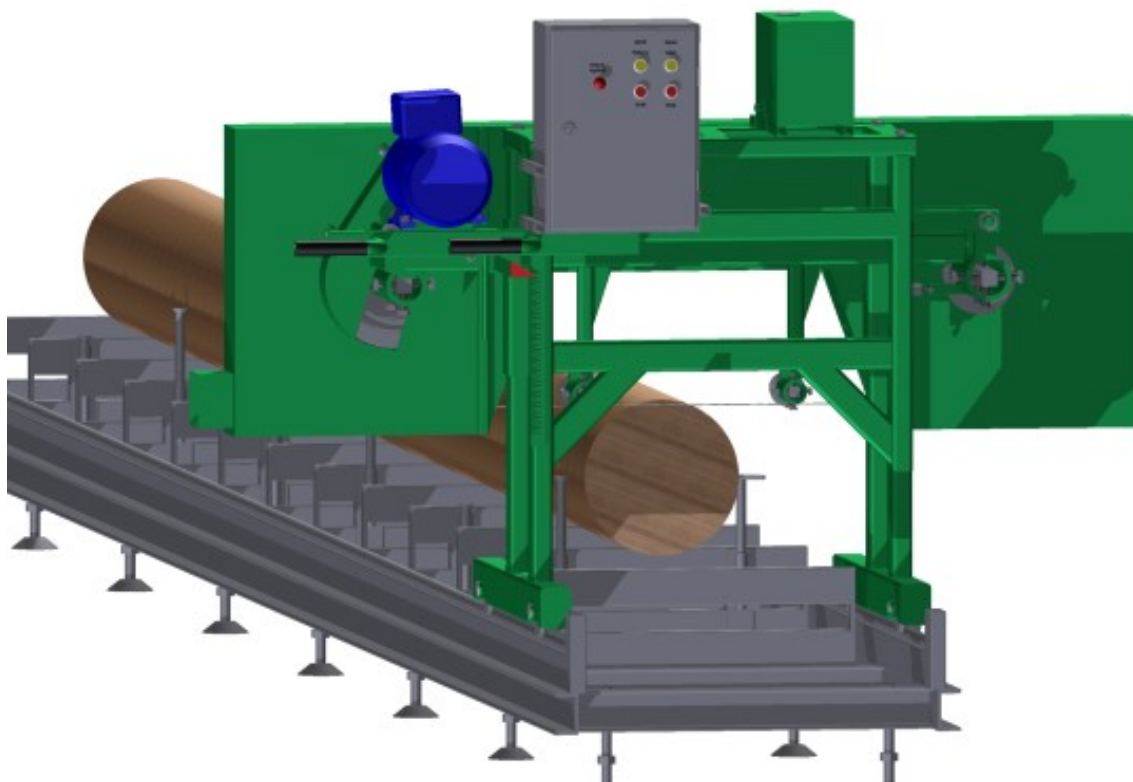
Vyznačuje se jednoduchou konstrukcí, díky které je navíc schopna vyřezat jakýkoliv rozměr trámku. Limitována je pouze průměrem a délkou kmene. Dá se jednoduše přemístit díky tomu, že nevyžaduje betonový základ. Obrovskou výhodou malá řezná spára a kvalita řezné plochy.

### **2.4 Volba konstrukčního zpracování stroje**

Po porovnání všech možností konstrukce jsem se rozhodl, že pro mé konkrétní zadání se nejvíce hodí **pásová pila**.

### 3. Konstrukce pásové pily

Konstrukce pily (Obr. 4.1) je tvořena převážně z čtvercových a obdélníkových válcovaných profilů. Pila je ovládána pomocí panelu, na kterém jsou umístěny tlačítka pro výškové nastavení řezu. Pro rozběh a zastavení hnacího motoru. A z bezpečnostních důvodů také centrální stop. Kmen je upnut na loži, to je opatřeno koleji, po kterých se pohybuje samotná pila. Lože je vybaveno nastavitelnými patkami, umožňujícími vyrovnání drobných nerovností povrchu. Nástroj je napnut přes tzv. oběžná kola, z nichž jedno slouží pro přenos krouticího momentu. A druhé má na starost napínání pásu. Kola jsou vedle sebe, což znamená, že řez pily je horizontálně orientovaný. Do řezu je pás vedený tzv. rolnami, ty svým tvarem rovněž zajišťují, že pás nesjede z oběžných kol. Hnací elektromotor přenáší krouticí moment pomocí řemenového převodu. Posuv stoje je ruční a k tomu je přizpůsoben rám. Rám je rovněž opatřen pravítkem pro kontrolu výšky řezu, ta je nastavována pomocí mechanismu, jehož základem je elektromotor společně se šnekovou převodovkou. A k jehož principu se vyjadřuji dále v práci.

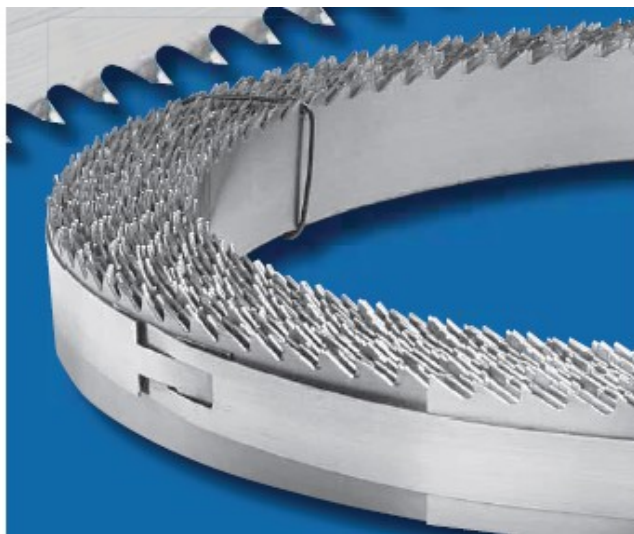


*Obr. 4.1 Konstrukce pásové pily*



### 3.1 Volba nástroje – pilového pásu

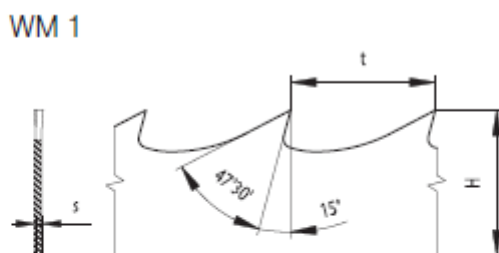
Pilový pás (Obr. 4.2) [15] se stříhá na patřičný rozměr a následně se jeho konce svaří k sobě.



Obr. 4.2 Role pilového pásu

Tvoří tak uzavřený okruh zubů, který obíhá kolem svého vedení a prořezává kmen stromu. Pásky pro kmenové pily se prodávají v metrech, v balení po 25, 50 a 100 m, nebo již v konkrétním rozměru podle objednávky.

Pila je navrhována pro maximální průměr kmene  $D_k = 300$  mm. Předpokládám, že budou řezány pouze kmeny měkkého dřeva. Proto volím pás firmy PILANA TOOLS a.s. řady 40 WM. Konkrétně typ 22 5340 WM1 (Obr. 4.3) [15] který je výrobcem určen pro průměr kmene do 40 cm a pro měkké dřevo.



H x S	t	typ	vyzubené	vyzubené, rozvedené	vyzubené, rozvedené, ostřené	vyzubené, rozvedené, kalené	vyzubené, rozvedené, kalené, ostřené
32 x 0,9	22	WM 1	●	●	●	●	●

Obr. 4.3 Parametry zvoleného pilového pásu

### 3.1.1 Délka pásu

Pás je napnut přes dvě oběžná kola, z nichž jedno plní hnací funkci a druhé je uzpůsobeno k napínání. Délka pásu  $L_p$  se pak určí, vztahem č. 1. Podmínkou podle vztahu č. 2, pro celkový počet zubů  $z_c$  je, že výsledná délka musí být rovna násobku zubové rozteče  $t$ .

$$L_p = \pi \cdot D_{OK} + 2 \cdot R_{OK} = \pi \cdot 500 + 2 \cdot 1140 = 3850 \text{ mm} \quad (1)$$

kde  $D_{OK}$  je průměr oběžného kola

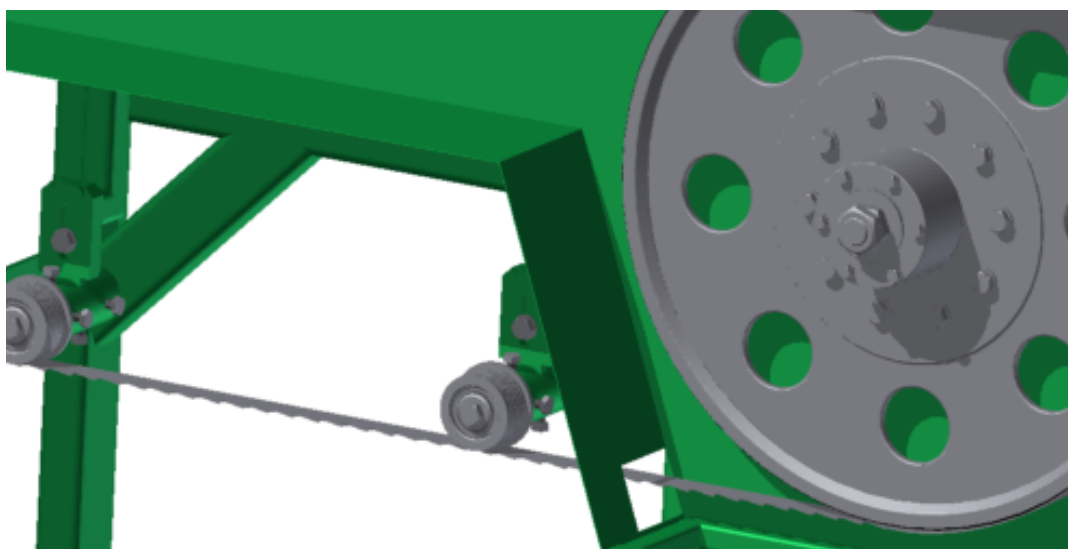
$R_{OK}$  je rozteč oběžných kol

$$z_c = \frac{L_p}{t} = \frac{3850}{22} = 175 - \text{celé číslo} \rightarrow \text{podmínka splněna} \quad (2)$$

kde  $t$  je rozteč zubů pásu, viz Obr. 4.3

### 3.1.2 Výměna pásu

Pro výměnu jakéhokoliv nástroje platí, že stroj musí být v klidu a vypnutý. Pracovník nejprve povolí napínák pásu. Po otevření plechového krytu pásu a oběžných kol, který je zavěšen na pantech, pak jednoduše sejme pás z oběžných kol. Správně nasazený pás (Obr. 4.4) vedou do řezu tzv. rolny, které pomáhají zajistit vodorovný řez.



Obr. 4.4 Nasazený pás na oběžném kole, podpíraný rolnami

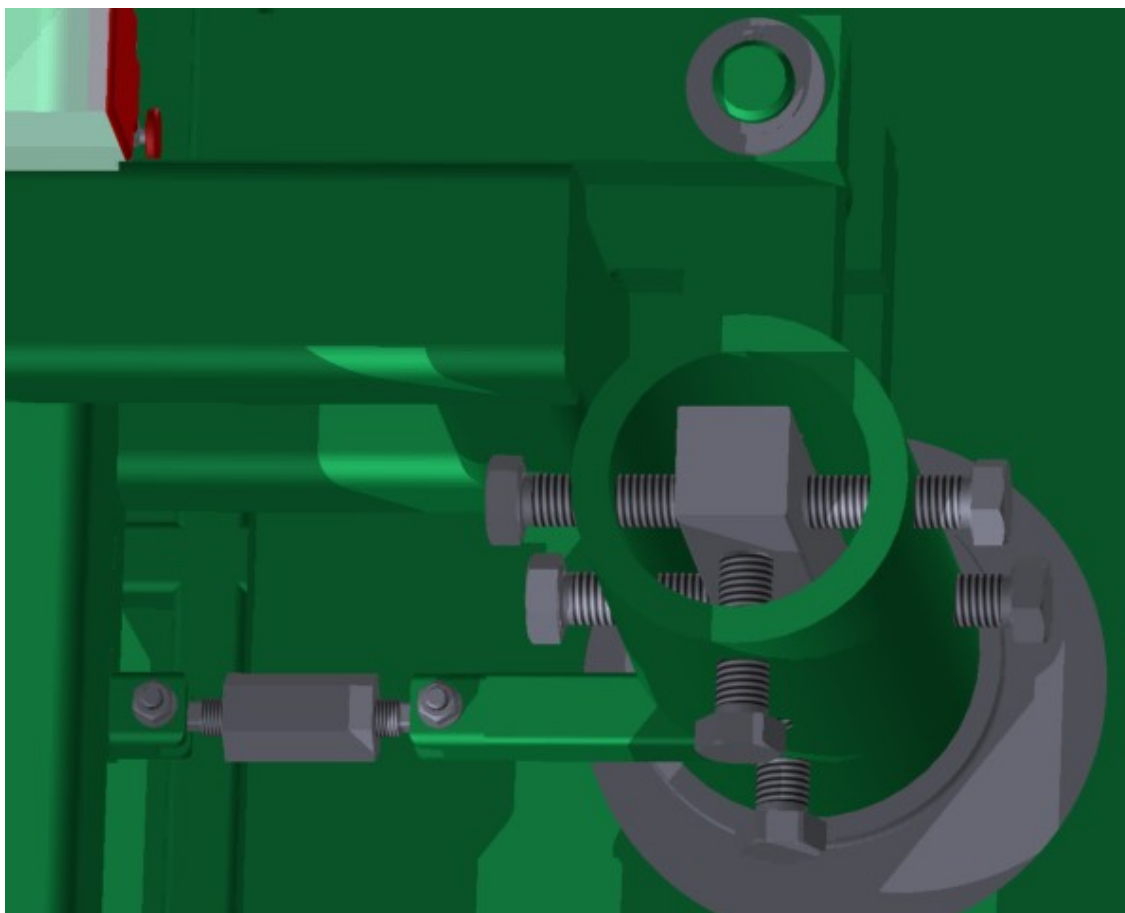
Svým tvarem také zajišťují, že pás nesjede z oběžných kol. Po nasazení je samozřejmě nutné pás znovu dotáhnout. Pro zvolený pás je zapotřebí napínací síla  $F_0 = 1840 \text{ N}$  podle [15].

### 3.1.3 Chlazení pásu

Pilový pás je chlazen. Jako chladicí médium se používá voda, nádoba s ní je umístěna na rámu pily. Nádoba je opatřena kohoutem a voda přivedena k pásu gumovou hadicí.

## 3.2 Návrh napínacího zařízení pásu

Napínací zařízení tvoří dva šrouby s lichoběžníkovými zavity, které jsou spojeny maticí (Obr. 4.5). Každý ze šroubů má opačný smysl stoupání a konce opatřené očkem, které je pevně uchyceno v rámu. Matice je opatřena do poloviny závitem levým a do poloviny pravým smyslem stoupání. To znamená, že při povolování matice se šrouby oddalují a tím pádem tlačí na zavěšené oběžné kolo a napíná tak pilový pás.



*Obr 4.5 Napínák spojený se zavěšeným oběžným kolem*

### 3.2.1 Návrh napínacích šroubů

Pro napínací šrouby (Obr 4.6) jsem zvolil lichoběžníkový závit. V porovnání s metrickým má menší tření v závitech, tím pádem podléhá menšímu opotřebení. Což je výhodné z hlediska životnosti.



Obr. 4.6 Šroub napínáku

### 3.2.2 Návrh velikosti šroubu

Návrh a kontrola velikosti šroubů je uskutečněna podle [27]

Pro předběžný návrh rozměrů (viz vzorec č. 3) šroubu jsou směrodatné zejména:

Materiál – 11 500, pro který platí  $Re = 270$  MPa

Součinitel statické bezpečnosti –  $ks = 3$

Koeficient zohledňující vliv zatím neznámého krutu –  $\beta = 1,3$

Zatěžující síla závitu –  $F_0 = 1840$  N (viz kap. 4.1.2)

Dle vztahu č. 3 zjistím nejmenší přípustný průměr  $d'_3$  závitu:

$$d'_3 \geq \sqrt{\frac{\beta \cdot ks \cdot F_0}{\pi \cdot Re}} = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 3 \cdot 1840}{\pi \cdot 270}} = 5,8 \text{ mm} \quad (3)$$

Dle tabulek navrhnu lichoběžníkový závit rovnoramenný Tr 10 x 1,5 ČSN 01 4050.

Jehož parametry jsou zaznačeny v tabulce č. 1 [1]

Tabulka č. 1, rozměry trubkového závitu

Rozteč	Vnější průměr závitu šroubu	Vnitřní průměr závitu matice	Vnitřní průměr závitu šroubu	Střední průměr šroubu i matky	Vnější průměr závitu matice	Vůle mezi šroubem a maticí
P	d	D	d <sub>3</sub>	D <sub>2</sub> =d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	a <sub>c</sub>
1,5	10	10,3	8,2	9,25	8,5	0,15

### 3.2.3 Pevnostní kontrola šroubu

Spočívá v porovnání dovoleného napětí ve šroubu  $\sigma_D$ , viz vzorec č. 6. A jeho skutečného namáhání  $\sigma_{RED}$  které je definováno vzorcem č. 4.

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma_d^2 + 4 \cdot \tau^2} \leq \sigma_D \quad (4)$$

$$\sigma_{RED} = \sqrt{34,84^2 + 4 \cdot 1,9^2} = 44,58 \leq \sigma_D \text{ vyhovuje} \quad (5)$$

kde  $\sigma_d$  je namáhání v tlaku, viz vzorec č. 7

$\tau$  je namáhání v krutu, viz vzorec č. 8

$$\sigma_D = \frac{Re}{k_s} = \frac{270}{3} = 90 \text{ MPa} \quad (6)$$

$$\sigma_d = \frac{4 \cdot F_0}{\pi \cdot d_3^2} = \frac{4 \cdot 1840}{\pi \cdot 8,2^2} = 34,84 \text{ MPa} \quad (7)$$

$$\tau = \frac{M_{TZ}}{W_K} = \frac{1505,14}{108,26} = 13,9 \text{ MPa} \quad (8)$$

kde  $M_{TZ}$  je moment třecího odporu, viz vzorec č. 10

$W_K$  je kvadratický moment plochy, viz vzorec č. 9

$$W_K = \frac{\pi \cdot d_3^3}{16} = \frac{\pi \cdot 8,2^3}{16} = 108,26 \text{ mm}^3 \quad (9)$$

$$M_{TZ} = F_0 \cdot tg(\gamma + \varphi') \frac{d_2}{2} = 1840 \cdot tg(2,95^\circ + 7,08^\circ) \cdot \frac{9,25}{2} = 1505,14 \text{ Nmm} \quad (10)$$

kde  $\gamma$  je úhel stoupání závitu, viz vzorec č. 11

$\varphi'$  je redukovaný třecí úhel, viz vzorec č. 12

$$\gamma = \arctg \frac{P}{\pi \cdot d_2} = \arctg \frac{0,5 \cdot 25}{\pi \cdot 9,25 \cdot 0,75 \cdot 20} = 2,95^\circ \quad (11)$$

$$\varphi' = \arctg \frac{f_z}{\cos \alpha/2} = \arctg \frac{0,12}{\cos 15} = 7,08^\circ \quad (12)$$

kde  $f_z$  je součinitel smykového tření [1]

$\alpha$  je úhel profilu závitu [1]

Provádím také kontrolu samosvornosti šroubu a matice dle vzorce č. 13

$$\gamma \leq \varphi' \rightarrow \text{Podmínka samosvornosti splněna} \quad (13)$$

### 3.2.4 Výpočet výšky matice

Výšku matice počítám pomocí vzorce č. 14

$$h_m = z \cdot p = 4,22 \cdot 1,5 = 6,33 \text{ mm} \quad (14)$$

kde  $z$  je potřebný počet závitů, viz vzorec č. 15

$$z \geq \frac{F_0}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot p_D} = \frac{0,5 \cdot 25}{\pi \cdot 9,25 \cdot 0,75 \cdot 20} = 4,22 \quad (15)$$

kde  $H_1$  je nosná výška závitu viz vzorec č. 16

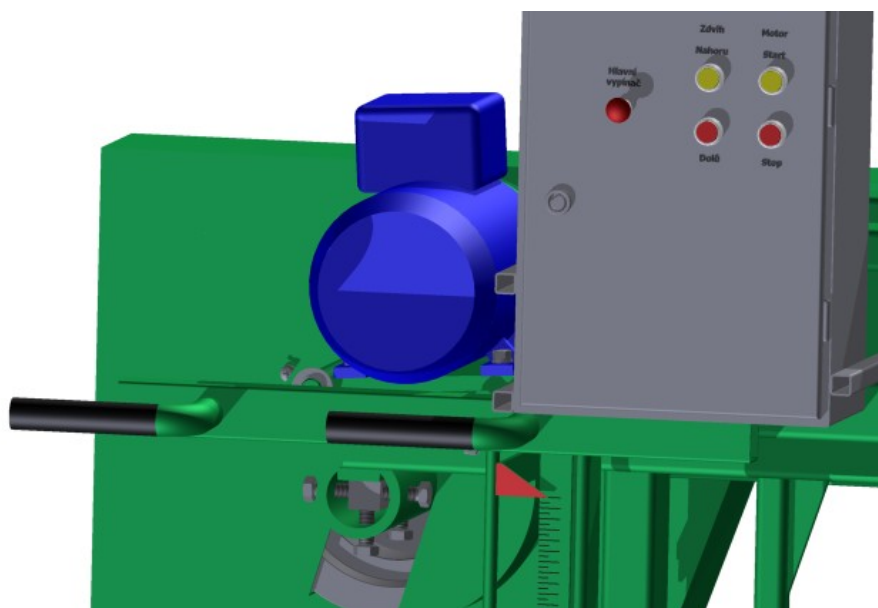
$p_D$  je dovolený měrný tlak materiálu matice [1]

$$H_1 = \frac{d - D_1}{2} = \frac{10 - 8,5}{2} = 0,75 \text{ mm} \quad (16)$$

Minimální výška matice  $h_m = 6,33 \text{ mm}$  volím 20 mm pro každou orientaci stoupání. Matice má tvar šestihranu. K seřizování napínáku předepisují maticový klíč číslo 19.

### 3.3 Volba posuvu pásové pily

Z důvodu snížení nákladů na výrobu a pro jednodušší konstrukci jsem zvolil ruční posuv. Vyžaduje nižší kvalifikaci pracovníka, je také výhodnější při zohlednění nákladů a konstrukci. Rám pily (Obr. 4. 7) je proto vybaven dvěma madly pro obsluhu ve výšce 115 cm. Pro další výpočty uvažuji rychlost posuvu  $f_p = 0,1 \text{ m/s}$ . Což odpovídá rychlosti 6 m/min, která je, z mé osobní zkušenosti s obdobným strojem optimální.



Obr. 4.7 Ovládací část pily

### 3.4 Návrh hnacího elektromotoru pásu

Hlavními ukazateli při konstrukci pohonu pily jsou fyzikální a mechanické vlastnosti obráběného materiálu, zejména pak měrný řezný odpor (síla na jeden zub pilového pásu), který společně s rozměry třísky určuje řeznou sílu působící na nástroj. Podle zubové rozteče, dané výrobcem pásu, a zadané maximální šířce kmene snadno zjistíme počet zubů v záběru a tak i celkovou řeznou sílu potřebnou k úspěšnému prořezání kmene. Z této síly pak vyplývá točivý moment, který je klíčový pro volbu příkonu hnacího elektromotoru.

#### 3.4.1 Otáčky hnacího elektromotoru

Volba otáček elektromotoru se odvíjí od otáček oběžného kola hnaného řemenicí. Oběžné kolo přenáší, přímým stykem, krouticí moment na pilový pás.

Stanovení otáček oběžného kola:

Vycházím z rychlosti pilového pásu udávané výrobcem, která se pohybuje v rozmezí  $v_p = 20 - 35$  m/s. Pro výpočet volím hodnotu  $v_p = 25$  m/s.

Otáčky oběžného kola  $n_{OK}$ :

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{OK}}{60} \rightarrow n_{OK} = \frac{\omega \cdot 60}{2 \cdot \pi} = \frac{50 \cdot 60}{2 \cdot \pi} = 477,46 \text{ ot/min} \quad (17)$$

kde  $\omega$  je úhlová rychlost pásu, viz vzorec č. 18

$$\omega = \frac{r_{OK} \cdot v_p}{r_{OK}^2} = \frac{0,5 \cdot 25}{0,5^2} = 50 \text{ rad/s} \quad (18)$$

kde  $r_{OK}$  je poloměr oběžného kola

Elektromotor, který by disponoval těmito otáčkami, se na trhu běžně nevyskytuje. Je proto třeba volit typ, který se svými otáčkami alespoň blíží požadované hodnotě a následně použít převod.



### 3.4.1 Výpočet příkonu hnacího elektromotoru

Příkon elektromotoru  $P_m$  je volen podle krouticího momentu  $M_{kř}$  vyvozeného řeznou silou  $F_{ř}$  dle vzorce č. 19. Celkový výpočet  $P_m$  je odvozen z [28] za předpokladu podobných řezných podmínek.

$$P_m = \frac{M_{kř} \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{OK}}{60} = \frac{39,0499 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 477,46}{60} = 1950,59 \text{ W}$$

$$= 1,95059 \text{ kW} \quad (19)$$

Kde  $M_{kř}$  je krouticí moment potřebný pro řez, viz vzorec č. 20

$$M_{kř} = F_{ř} \cdot \frac{D_{OK}}{2} = 156,1998 \cdot \frac{0,5}{2} = 39,0499 \text{ Nm} \quad (20)$$

Kde  $F_{ř}$  je celková řezná síla potřebná pro řez, viz vzorec č. 21

$$F_{ř} = F'_{ř} \cdot z_z = 11,46 \cdot 13,63 = 156,1998 \text{ N} \quad (21)$$

Kde  $F'_{ř}$  je řezná síla na jeden zub, viz vzorec č. 22

$z_z$  je počet zubů v záběru, viz vzorec č. 23

$$p = \frac{F'_{ř}}{S_{Tř}} \rightarrow F'_{ř} = p \cdot S_{Tř} = 97 \cdot 0,1181 = 11,46 \text{ N} \quad (22)$$

$$z_z = D_k/t = 300/22 = 13,63 \quad (23)$$

kde  $p$  je hodnota řezného odporu, viz příloha č. 2

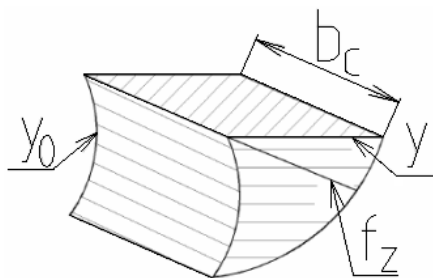
$S_{Tř}$  je plocha odebírané třísky, viz vzorec č. 24, obr. 4.8

$$S_{Tř} = (b_c + 2 \cdot y_0) \cdot y = (1,5 + 2 \cdot 0,07188) \cdot 0,07188 = 0,1181 \text{ mm}^2 \quad (24)$$

Kde  $b_c$  je šířka řezu nástroje, viz vzorec č. 25

$y_0$  je délka oblouku třísky, viz obr. 4.8

$y$  je délka třísky, viz obr. 4.8



Obr. 4.8 Plocha odebírané třísky

Vycházím z úvahy, že délka oblouku i délka třísky jsou srovnatelné s posuvem na zub. Tato úvaha je zanesena do vzorce č. 24

$$b_c = b + 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot b = 0,9 + 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0,9 = 1,5 \text{ mm} \quad (25)$$

$$y_0 = y = f_z \quad (26)$$

kde  $b$  je šířka pásu

$f_z$  je posuv na zub, viz vzorec č. 27 [15]

$$f_z = \frac{f_p \cdot 1000}{n_{OK} \cdot z_c} = \frac{6 \cdot 1000}{477 \cdot 175} = 0,07188 \text{ mm} \quad (27)$$

kde  $f_p$  je posuv nástroje v m/min

### 3.4.2 Zvolený typ elektromotoru

Zvolil jsem elektromotor firmy Siemens – 1MA7 134-6BB6x (Obr. 4.9). Jedná se o trojfázový asynchronní motor s kotvou nakrátko. O výkonu  $P_I = 4,8 \text{ kW}$  a otáčkách motoru  $n_I = 950 \text{ ot/min}^{-1}$ . Zvolený výkon je přibližně 2,5 krát větší než je ve výsledku a to z důvodu bezpečnosti a možných ztrát.



Obr. 4.9 Trojfázový asynchronní motor s kotvou nakrátko 1MA7 134-6BB6x [24]

### 3.5 Volba převodu hnacího ústrojí

V úvahu přicházejí řetězový, řemenový a převod ozubenými koly.

#### **Řetězový převod:**

Jeho předností je stálí a bezpečný převod z důvodu tvarového styku. Naopak nevýhodou je jeho hlučnost. Dále, oproti řemenu, nutnost zachovat rovnoběžnost hřídelů, což vede k potřebě přesné montáže a výroby.

#### **Řemenový převod:**

Umožňuje prokluz řemenů, díky čemuž se tento převod stává bezpečnějším s ohledem na možnost zaseknutí nástroje v materiálu. To je možné při příliš rychlém posuvu. Prokluz řemene slouží také jako pojištění proti přetížení pohonu. Je ovšem citlivý na vliv počasí a okolní teploty. Řemen je potřeba napínat jelikož se časem prodlužuje.

#### **Převod ozubenými koly:**

Tento převod je schopný přenášet velké točivé momenty při malých ztrátách. Fungují spolehlivě a s velkou životností. Jsou ale poměrně hlučné, těžké a netlumí rázy. Navíc jsou konstrukčně a výrobně složité, výroba si vyžaduje speciální stroje a nástroje.

Z bezpečnostních důvodů a snahy docílit co nejjednodušší konstrukce volím **řemenový převod s klínovým řemenem**. Tvar klínové drážky zajišťuje tření, které přispívá ke snížení napínací síly, což vede k menšímu namáhání hřídelů.

### 3.6 Návrh a konstrukce hnacího ústrojí

Hnací ústrojí (Obr. 4.10) se skládá z řemenového převodu a uložení oběžného kola.



*Obr. 4.10 Hnací ústrojí*

Možnost rotace oběžných kol zajišťují dvě kuželová ložiska, jež jsou uloženy na ose spojené s rámem. Hnaná řemenice je přišroubována k hnacímu oběžnému kolu pomocí šroubů. Ta je k tomu tvarově uzpůsobena a opatřena závitovými dírami. Odpadá tak namáhání hřídele na krut.

### 3.7 Stanovení typu a délky klasického klínového řemene

Typ řemene určíme na základě [25] podle grafu viz [1]. Pro zadané hodnoty výkonu  $P_I = 4,8 \text{ kW}$  a otáček  $n_I = 950 \text{ ot.min}^{-1}$  volím z diagramu **řemen typu B Rekord**.

Průměr řemenice  $D_1$  je vymezen podmínkou vyplívající ze vzorce č. 28

$$D_{MIN} \leq D_1 \leq D_{MAX}$$
$$125 \leq D_1 \leq 497,35 \quad (28)$$

Kde  $D_{MIN}$  je minimální průměr hnací řemenice, [25]

$D_{MAX}$  je maximální průměr hnací řemenice, viz vzorec č. 29

$$D_{MAX} = \frac{60000 \cdot V_{1MAX}}{\pi \cdot n_1} = \frac{60000 \cdot 25}{\pi \cdot 950} = 497,35 \text{ mm} \quad (29)$$

kde  $V_{1MAX}$  je maximální obvodová rychlost řemene

Volím průměr hnací řemenice  $D_1 = 125 \text{ mm}$

Průměr  $D_2$  je pak určen vzorcem č. 29

$$D_2 = D_1 \cdot i_t = 125 \cdot 2,05 = 256 \quad (30)$$

kde  $i_t$  je převodový poměr, viz vzorec č. 30

$$i_t = \frac{n_1}{n_{OK}} = \frac{980}{477,46} = 2,05 \quad (31)$$

Podle tabulky přílohy č. 5 volím normalizovaný  $D_2 = 250 \text{ mm}$ . Následně vypočítám skutečný převodový poměr  $i_{sk}$  podle vzorce č. 32. A ověřím podmínku zadané tolerance skutečného převodu, viz vzorec č. 31.

$$i_t \cdot \left(1 - \frac{\Delta i}{100}\right) \leq i_{sk} \leq i_t \cdot \left(1 + \frac{\Delta i}{100}\right)$$

$$2,05 \cdot \left(1 - \frac{0,03}{100}\right) \leq 2,02 \leq 2,05 \cdot \left(1 + \frac{0,03}{100}\right)$$

$$2,0195 \leq 2,02 \leq 2,0206 \quad (32)$$

$$i_{sk} = \frac{D_2}{D_1(1-s)} = \frac{250}{125 \cdot (1-0,01)} = 2,02 \quad (33)$$

kde  $s$  je pružný skluz řemenu [25]

Osovou vzdálenost volím někde mezi minimální hodnotou  $A_{min}$ , viz vzorec č. 34. A maximální hodnotou  $A_{max}$ , viz vzorec č. 35.

$$A_{min} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot (D_2 - D_1) = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot (250 - 125) = 88,38 \text{ mm} \quad (34)$$

$$A_{max} = 2(D_1 + D_2) = 2(125 + 250) = 750 \text{ mm} \quad (35)$$

Volím osovou vzdálenost  $A = 250 \text{ mm}$

Předběžnou délku řemene  $L'_p$  spočítám pomocí vzorce č. 36.

$$L'_p = 2 \cdot A \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{\pi}{2} \cdot (D_1 + D_2) + \frac{\pi \cdot \gamma}{180} \cdot (D_2 - D_1) =$$

$$= 2 \cdot 250 \cdot \sin 77,554 + \frac{\pi}{2} (125 + 250) + \frac{\pi \cdot 12,46}{180} (250 - 125) = 1\,112,571 \text{ mm} \quad (36)$$

kde  $\alpha$  je úhel opásání, viz vzorec č. 37

$\gamma$  je doplňkový úhel, viz vzorec č. 38

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{D_1 - D_2}{2 \cdot A} = \frac{250 - 125}{2 \cdot 250} = 0,2155 \rightarrow \frac{\alpha}{2} = 77,554^\circ \quad (37)$$

$$\gamma = 90 - \frac{\alpha}{2} = 90 - 77,554 = 12,446^\circ \quad (38)$$

Dle normy ČSN 02 3110 volím normalizovanou délku řemene  $L_P = 1\,120\text{ mm}$ .

Skutečná osová vzdálenost  $A_{SK}$  se pak určí pomocí vzorce č. 39.

$$\begin{aligned} A_{SK} &= \frac{1,04 \cdot L_P - \frac{\pi}{2} \cdot (D_1 + D_2) - \frac{\pi \cdot \gamma}{180} \cdot (D_2 - D_1)}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} = \\ &= \frac{1,04 \cdot 1120 - \frac{\pi}{2} (250 + 125) - \frac{\pi \cdot 12,446}{180} (250 - 125)}{2 \cdot \sin 77,554} = 216,998\text{ mm} \end{aligned} \quad (39)$$

Stanovení potřebného počtu řemenů  $K$  provedu pomocí vzorce č. 40.

$$K = \frac{P_1}{N_p \cdot C_k} = \frac{4,8}{1,5309 \cdot 0,95} = 2,9 \quad (40)$$

kde  $N_p$  je skutečný výkon přenášený 1 řemenem, viz vzorec č. 41

$C_k$  je součinitel počtu řemenů [1]

$$N_p = N_0 \cdot \frac{C_\alpha \cdot C_L}{C_p} = 1,86 \cdot \frac{0,935324 \cdot 0,88}{1} = 1,5309 \quad (41)$$

kde  $N_0$  je ideální jmenovitý výkon [1]

$C_\alpha$  je součinitel opásání [1]

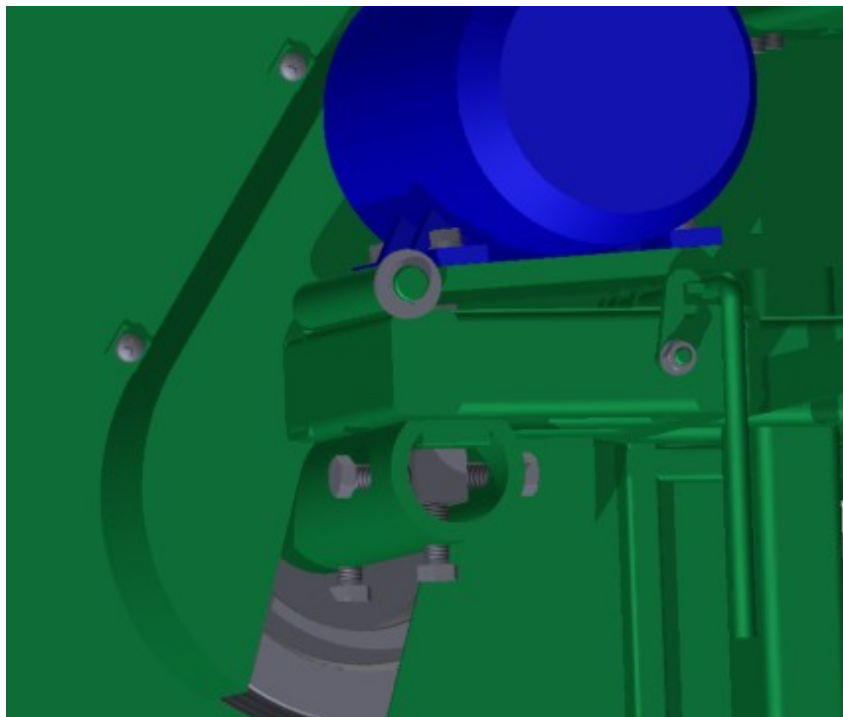
$C_L$  je součinitel délky řemene [1]

$C_p$  je součinitel pracovního režimu [1]

Volím **3 řemeny**, které ponese označení **ŘEMEN B – 1 120 ČSN 02 3110**

### 3.8 Napínání klínových řemenů

Řemeny je nutno napínat, protože podléhají únavě. V jejich případě to znamená natahování. Volil jsem napínání pomocí odtlačování elektromotoru (Obr. 4. 11).



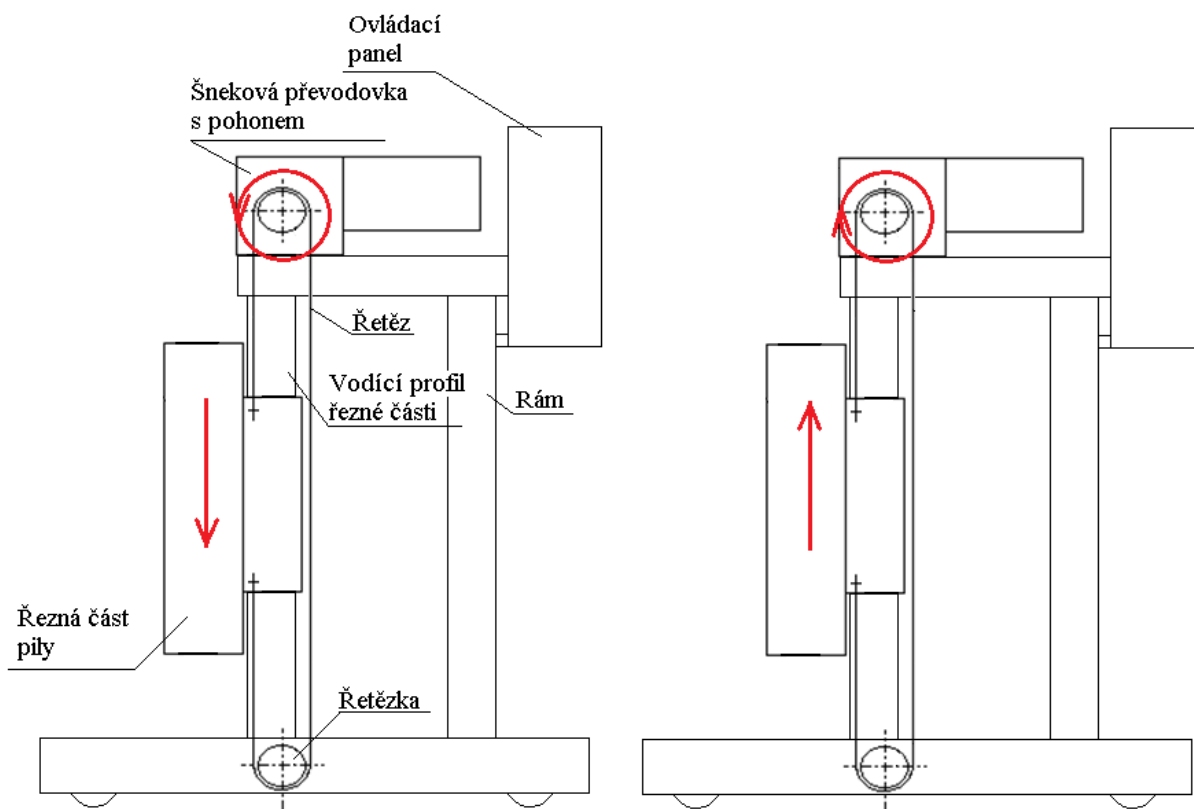
*Obr. 4. 11 Znáznornění napínání řemenů*

Princip napínání spočívá v tom, že elektromotor je ukotven ke kovové naklápěcí desce, která je naklápěna pomocí excentru. Ten je uložen na páce. Po napnutí řemenů se páka zajistí proti uvolnění. K čemuž slouží západka viditelná na obrázku 4.11.



### 3.9 Konstrukce pro nastavení výšky řezu

Výškové nastavení řezu má na starosti šnekový převod, který pohání řetěz na kterém je zavěšena řezná část pily (Obr. 4. 12). Ke zjištění výšky řezu slouží pravítko umístěné na rámu a ukazatel, připevněný k řezné části. Ovládání výšky řezu je situováno na ovládací panel.



Obr. 4. 12 Základní schéma principu nastavení výšky řezu

#### 3.9.1 Návrh převodovky a motoru

Pro návrh šnekové převodovky je v řešeném případě směrodatný krouticí moment, který zatěžuje její výstupní hřídel  $M_{kšz}$ .

$$M_{kšz} = F_{šz} \cdot r_{řt} = 2011,05 \cdot 0,02 = 40,221 \text{ Nm} \quad (42)$$

$$F_{šz} = G \cdot m_{řk} = 9,81 \cdot 205 = 2011,05 \text{ Nm} \quad (43)$$

kde  $F_{šz}$  je síla vyvozená váhou řezné konzole

$m_{řk}$  je váha řezné konzole

$r_{řt}$  je teoretický poloměr řetězového kola

Podle katalogu firmy TOS Znojmo [29] volím převodovku s nejbližším vyšším výstupním krouticím momentem  $M_{kš}$ . Vyhovující je převodovka typu MKT 63 provedení FTRL, dodávaná s 2 pól. motorem o výkonu  $P_{lš} = 0,51 \text{ kW}$ . Předepisují plnit převodovku olejem PG 460 EP dle doporučení výrobce převodovky [29]. Zvolený typ MKT 63 pojme 0,4 litru.

Výstupní parametry sestavy, podle kterých bude navrhována řetězového kola:

$$M_{kš} = 105 \text{ Nm}$$

$$n_2 = 28 \text{ ot/min}$$

$$P_{2š} = P_{1š} \cdot u = 0,51 \cdot 0,61 = 0,3111 \text{ kW} \quad (44)$$

kde  $u$  je účinnost převodovky [29]

### 3.9.2 Návrh řetězu

Návrh řetězu je učiněn podle strojnických tabulek [1].

Rychlost řetězu  $v_{ř}$ , která je zároveň rychlostí zdvihu  $v_{zd}$

$$\omega_{ř} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_2}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 28}{60} = 2,93 \text{ rad/s} \quad (45)$$

$$\omega_{ř} = \frac{r_{řt} \cdot v_{ř}}{r_{řt}^2} \rightarrow v_{ř} = \frac{\omega_{ř} \cdot r_{řt}^2}{r_{řt}} = \frac{2,93 \cdot 0,02^2}{0,02} = 0,058 \text{ m/s} \quad (46)$$

$$P_D = \frac{P_2}{\chi \cdot \mu \cdot \varphi} = \frac{0,3111}{0,91 \cdot 0,6 \cdot 1} = 0,569 \text{ N} \quad (47)$$

kde  $P_D$  je diagramový výkon respektující provozní podmínky

$\chi$  je činitel výkonu [1]

$\mu$  je činitel mazání [1]

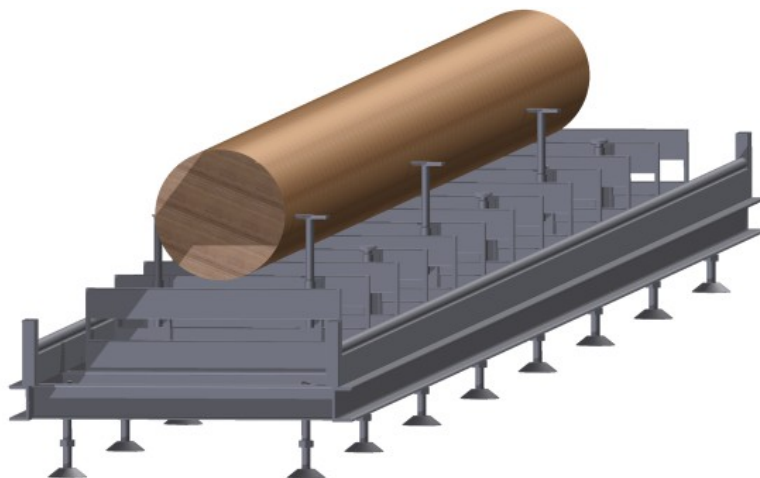
$\varphi$  je činitel provedení řetězu [1]

Podle rychlosti řetězu, která je menší než 8 m/s, Volím **řetěz typu B**. Základní návrh rozměru řetězu, počtu řad a rozměru řetězového kola se volí dle[1].

Z grafu pak vyplývá, že zvolím **řetěz 10 B-2** jedná se o řetěz dvouchodý.

#### 4. Konstrukce pilového lože

Pilové lože (Obr. 5.1) se skládá převážně z válcovaných profilů.

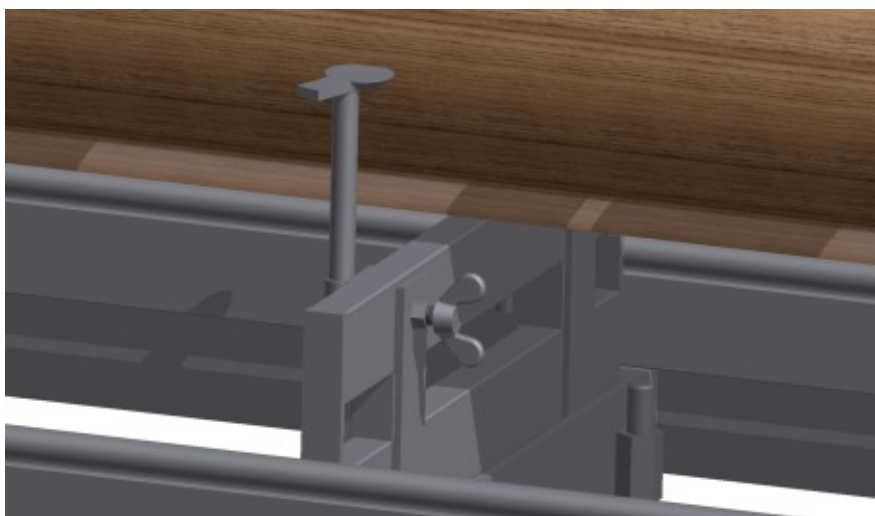


*Obr. 5.1 Lože pásové pily*

Je opatřeno kolejemi pro vedení a snazší pojezd pily. Patky jsou každá výškově nastavitelná, což umožňuje anulovat drobné nerovnosti povrchu. Tato konstrukce je navrhována pro možnost upnutí kmene od 1,3 až po 6 metru.

##### 4.1 Způsob upnutí kmene

Upnutí kmene (Obr. 5.2) se provádí pomocí výstředníku na jedné straně. A dorazu na straně druhé. Výška i šířka upnutí je díky své konstrukci regulovatelná. K dotažení výstředníku se používá speciální klíč.



*Obr. 5.2 Upnutí kmene*

## 5. Závěr

Ve zpracování práce jsem provedl rešerši stávajících systémů pro pořez kmenů. Na základě které jsem zvolil nejvhodnější konstrukční řešení pro určené požadavky. Následně jsem navrhnul základní parametry pily, zhotovil konstrukční návrh, provedl potřebné pevnostní kontroly a zhotovil sestavné výkresy.

Navržená pila má jednoduchou konstrukci složenou většinou z normovaných čtvercových a obdélníkových profilů. Nástroj je volen podle typu řezaného dřeva a jeho maximálního průměru. Podle řezných podmínek, určených především podle tvrdosti řezaného materiálu a řezné rychlosti, je určen výkon a otáčky hnacího elektromotoru. Pro převod otáček a krouticího momentu k nástroji je zvolen klínový řemen. Výška řezu se ovládá pomocí jednoduchého mechanismu, který je poháněn elektromotorem a šnekovou převodovkou pohánějící řetězové kolo. Princip mechanismu spočívá v zavěšení řezné části na válečkovém řetězu, který je natažený přes řetězová kola umístěná na rámu pod sebou. Při otáčení řetězového kola se pak řezná část pohybuje nahoru nebo dolů, podle smyslu otáčení. Rám pily je tvarově uzpůsoben pro ruční posuv do řezu.

Pila je schopná rychle a efektivně nařezat kmeny zadaných parametrů. A to na libovolný požadovaný rozměr s minimální řeznou spárkou.

## Seznam použitých zdrojů

### Knižní publikace

- [1] ŘASA, Jroslav a Josef ŠVERCL. *STROJNICKÉ TABULKY 1: pro školu a praxi*. Praha 6: Scientia, spol. s r. o., 2004. ISBN 80-7183-312-6.
- [25] KALÁB, Květoslav. ČAMS I-Návrh, výpočet a montáž řemenového převodu. Vysokoškolská příručka. VSB-TUO, 2010
- [26] KALÁB, Květoslav. ČAMS I-Návrh a výpočet řetězového převodu. Vysokoškolská příručka. VSB-TUO, 2008
- [27] KALÁB, Květoslav. ČAMS I-Konstrukční návrh ručního šroubového zvedáku. Vysokoškolská příručka. VSB-TUO, 2009
- [28] THIEMEL, Ondřej. Bakalářská práce - Okružní pila na palivové dřevo. VSB-TUO, 2009

### Internetové zdroje

- [2] *Roučků mlýn v Putimi: horizontální jednolistá rámová pila* [online]. 2009 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://zputimi.webz.cz/mlyn/mlyn.html>
- [3] *Dřevařské stroje: Rámová pila RH 60* [online]. 2009 - 2010 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.drevarske-stroje.cz/detail/ramova-pila-rh-60-1>
- [4] *Dřevaři: Rámová pila / gater* [online]. 2003 - 2012 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.drevari.cz/inzerat20882-ramova-pila--gater---akce!!!>
- [5] *Pilana market: Strojní rámový list* [online]. 2008 - 2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.pilanamarket.cz/listy-a-pasy-2/ramova-pila-985x140x2-0-5360-1-lista-35mm-2/>
- [6] *Pilana: Správný rozvod* [online]. 2008 - 2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.pilana.cz/cz/udrzba-a-spravne-pouzivani-pilovych-listu>
- [7] *Dřevaři: AUTOMATICKÁ BRUSKA PILOVÝCH LISTŮ VZ 76* [online]. 2003 - 2012 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: [http://www.drevari.cz/i\\_burza.php?page=16&kat=23](http://www.drevari.cz/i_burza.php?page=16&kat=23)
- [8] *Kleště.cz: Zbirovia 1717* [online]. 2011 - 2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.kleste.cz/eshop/1791-zbirovia-1717-kle.html>
- [9] *Sandwerk: šraňkovací hodinky Kafer* [online]. 2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.sandwerk.cz/-/-/-srankovaci-hodinky-kafer/218.html>

- [10] *BOW: Kotoučová pila na dřevo* [online]. 2005 - 2012 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.bow.cz/produkt/5961703-kotoucova-pila-na-drevo-cirkularka-hwts-700/>
- [11] *Nářadí šátek: Okružní pila Narex* [online]. 2012 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.naradisatek.cz/okruzni-pila-narex-epk-16-d.html>
- [12] *Slovenská inzercia: Dvouhřídelová hranolová-rozmítací pila* [online]. 2003-2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://stroje.slovenskainzercia.sk/drevoobrabacie-stroje/inzerat/1065123-dvouhridelova-hranolova-rozmitaci-pila-ponuka-ceska-republika/>
- [13] *Uni-max: Ostříčka pilových kotoučů JM* [online]. 1996 - 2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.uni-max.cz/ostricka-pilovych-kotoucu-jm/d/>
- [14] *Grandic: GSA 700 šraňkovačka pilových kotoučů Güde* [online]. 2005-2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.grandic.cz/ostatni-gude-gsa-700-srankovacka-pilovych-kotoucu-gude>
- [15] *Pilana: Nástroje na dřevo, pilové kotouče, pilové pásy, pilové listy, průmyslové nože, nástroje na řezání kovů, ruční nářadí* [online]. 2006-2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.pilana.cz/>
- [16] *Pilous: Nejširší sortiment pásových pil na světě* [online]. 2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.pasove-pily-na-kov.cz/PILY-NA-DREVO/PILOUS/PASOVE-PILY-KMENOVE/1557-PILOUS-pasova-pila-na-drevo-CTR-950-S.html>
- [17] *Carbe: dřevoobráběcí a truhlářské stroje, nástroje a technologie* [online]. 2011 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.drevoobrabeci-stroje-carbe.cz/Truhlarske-stolarske-stroje/NOVE-STROJE/Pily/Pasova-pila-SCM-MINIMAX-S45N>
- [18] *Dřevoobráběcí stroje: Dřezpracující stroje* [online]. 2009 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.drevoobrabeci-stroje.eu/products/hranolovaci-pasova-pila-bb-1200-pasy-80mm/>
- [19] *OLX: Bezplatné inzeráty v oblasti Jaroměř* [online]. 2006-2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://jaromer.olx.cz/rozmitaci-pasova-pila-6-hlavicova-bc6-1200-iid-171406445>
- [20] *Pilous: Nejširší sortiment pásových pil na světě* [online]. 2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://pilous.cz/pasove-pily-na-drevo/brusky-pilovych-pasu/or-50-f/>
- [21] *Bazoš: inzerce pro každého* [online]. 2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://stroje.bazos.cz/inzerat/24149757/Bruska-a-srankovacka-Woodmizer.php>



- [22] *Dřevari* [online]. 2003 - 2012 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z:  
[http://www.drevari.cz/i\\_burza.php?page=125&kat=23](http://www.drevari.cz/i_burza.php?page=125&kat=23)
- [23] *UNI-MAX* [online]. 1996 - 2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.uni-max.cz/nuzky-na-plech-pakove-hs-10/d/>
- [24] *Elektromotory: Siemens* [online]. 2012 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z:  
<http://www.elektromotory.com/elektromotory-siemens-rady-1ma7-1000-otacek/1MA7-134-6BB6.html>
- [29] *TOS Znojmo: Šnekové převodovky* [online]. 2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z:  
[http://www.tos-znojmo.cz/produkce/mrt/cz/index\\_mkt.htm](http://www.tos-znojmo.cz/produkce/mrt/cz/index_mkt.htm)
- [30] *Mendlova univerzita v Brně: Lesnická a dřevařská fakulta* [online]. 2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.ldf.mendelu.cz/cz>

## **Seznam příloh**

Příloha č. 1	Tabulka tvrdosti dřeva
Příloha č. 2	Sestavný výkres č. DVO17-BP-S01
Příloha č. 3	Sestavný výkres č. DVO17-BP-S02
Příloha č. 4	Kusovník č. DVO17-BP-S02K

## Příloha č. 1

Tvrdost dřeva zjištěné Brinellovou a Jankovou metodou [30]

	Tvrdost dřeva na ploše (MPa) při vlhkosti					
druh dřeva	čelní		radiální		tangenciální	
	12 %	> 30 %	12 %	> 30 %	12 %	> 30 %
modřín	43,5	20,5	29,0	13,5	29,0	14,0
borovice	28,5	13,5	24,0	11,0	25,0	11,5
smrk	26,0	12,0	18,0	8,5	18,5	8,5
akát	97,0	57,7	68,0	40,5	78,0	46,5
jasan	80,0	48,0	59,0	35,0	67,0	39,5
dub	67,5	40,0	56,0	33,5	49,0	29,0
buk	61,0	36,5	43,5	25,5	44,5	26,5
habr	90,5	54,0	77,0	45,5	78,5	47,0
lípa	26,0	15,5	17,5	10,0	18,0	10,5